

## 明細書

## 電磁弁

## 技術分野

[0001] 本発明は、固定鉄心の吸引力と板ばねの復元力とのつり合いによって弁体のストロークを制御する電磁弁であって、特に腐食性ガスを取り扱うマスフローコントローラなどに組み込まれる電磁弁に関する。

## 背景技術

[0002] 従来からマスフローコントローラなどに使用されている電磁弁であって、固定鉄心の吸引力と板ばねの復元力とのつり合いにより弁体のストローク制御を行うものとして、例えば図2に示したノルマルクローズタイプの電磁弁100を挙げることができる。

[0003] この電磁弁100は、ボディ101に対して入口流路102と出口流路104とが形成されており、その入口流路102の上側出口には上方に突設した弁座103が形成されている。その弁座103に対して当接・離間する弁シート105は、プランジャー106とともに板バネ107によって支持されている。板バネ107は、その周縁部がボディ101に嵌合した保持部材108によって押さえ付けられている。そして、保持部材108にはヨークとなるポンネット111が上方から嵌合し、そのポンネット111内には中心に固定鉄心112が固定されている。固定鉄心112は、コイル113が巻回されたコイルボビン115内に配置され、その下端面がプランジャー106と間が僅かな隙間になるようにコイルボビン115から下方に突き出されている。

[0004] 通常、この電磁弁100は、板バネ107のバネ力によって弁シート105が弁座103に押し付けられて閉弁状態になっている。これに対してコイル113に電流が流されると、固定鉄心112が励磁され、プランジャー106が板バネ107のバネ力に抗して引き上げられる。従って、弁シート105が弁座103から離間し、入口流路102と出口流路104とが連通して制御流体が流れる。

このとき、コイル113に供給される電流を変動させることにより磁気吸引力が変化する。そのため、プランジャー106のストローク量が変化し、これによって弁座103と弁シート105との弁開度が調整され、出口流路104から二次側に流れる制御流体の流量が

制御される。

特許文献1:特開2002-357280号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、従来の電磁弁100によって大きな流量を流そうとした場合、プランジャ106を固定鉄心112側に引き上げるためのコイル113への通電によって生じる電磁吸引力が十分ではなかった。そこで、十分な吸引力を得る場合、先ずコイル113の巻数を増やして電磁弁100自身のサイズを大きくすることが考えられるが、電磁弁の大型化は集積化する半導体製造装置などへの影響があつて好ましいものではない。また、コイル113へ供給する電流を上げて起磁力(AT)を大きくすることも考えられるが、発熱量が大きくなつてやはり好ましいものではなかった。

また、電磁弁100が使用されるマスフローコントローラでは腐食性の高い制御流体が扱われている。従つて、透磁率の高い材質で固定鉄心112を形成すれば吸引力を向上させることが可能であるが、構造上、固定鉄心112には腐食性の高い制御流体が接するようになつてゐるため、吸引力を向上させてなおかつ耐腐食性をもつといった適当な材質がなかつた。

### 課題を解決するための手段

[0006] そこで本発明は、かかる課題を解決すべく、腐食性を有する制御流体を扱うことができる吸引力を増加させた電磁弁を提供することを目的とする。

[0007] 本発明の電磁弁は、巻回されたコイル内に配置された固定鉄心が当該コイルの下方に突き出し、その固定鉄心の下には弁シートを保持したプランジャが板バネによつて支持され、板バネのバネ力によって弁シートが弁座に対して常時当接し、コイルへの通電によってその板バネのバネ力に抗して弁シートを弁座から離間させる電磁弁において、

前記固定鉄心が上下に2分割され、前記コイル内にあって制御流体と非接触の第1固定鉄心が透磁率の高い材質で形成され、前記コイルから下方に突出した第2固定鉄心が腐食性の高い制御流体に対応した耐腐食性を備える材質で形成されたものであることを特徴とする。

また、本発明の電磁弁は、前記第1固定鉄心が磁性軟鉄で形成されたものであることを特徴とする。

また、本発明の電磁弁は、前記第2固定鉄心がフェライト系ステンレスで形成されたものであることを特徴とする。

[0008] こうした構成を有する本発明の電磁弁は、通常は板バネの復元力(バネ力)によつて弁シートが弁座に押し付けられて閉弁状態になっている。そしてコイルに電流が供給されると、磁性軟鉄などで形成された第1固定鉄心が励磁され、プランジャが板バネのバネ力に抗して引き上げられる。なお、第2固定鉄心がフェライト系ステンレスなどのように磁性材の場合には第2固定鉄心も励磁される。

そこで、プランジャが上昇して弁シートが弁座から離間すると、流路が弁の入口側から出口側へと連通して制御流体が流れる。このとき、コイルに供給される電流を変動させることにより磁気吸引力を変化させれば、プランジャのストローク量が変化し、弁座と弁シートとの弁開度が調整され、流れる制御流体の流量が制御される。

### 発明の効果

[0009] 本発明によれば、固定鉄心を上下に2分割し、コイル内にあって制御流体と非接触の第1固定鉄心を透磁率の高い材質で形成し、コイルから下方に突出した第2固定鉄心を腐食性の高い制御流体に対応した耐腐食性を備える材質で形成したので、腐食性を有する制御流体を扱うことができる吸引力の大きな電磁弁を提供することが可能となる。

特に、第1固定鉄心を磁性軟鉄で形成することにより、コイルに供給する電流を上げることなく従来よりも大きな吸引力でプランジャを引き上げられるようになる。従って、より大きな流量を扱うことが可能になる。

また、こうした第1固定鉄心は制御流体とは非接触なため耐腐食性が低い磁性軟鉄などでも問題はなく、その代わり第2固定鉄心には耐腐食性に優れた材料が用いられ、特にフェライト系ステンレスであれば、耐腐食性を有するとともに磁束も通す点でも好ましい。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明に係る電磁弁の一実施形態を示した断面図である。

[図2]従来の電磁弁を示した断面図である。

[図3]実施形態の電磁弁の第1固定鉄心を構成する電磁軟鉄と、従来の電磁弁の固定鉄心を構成するSUSのB-H曲線を示した図である。

[図4A]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、ストロークと吸引力との関係を起磁力500ATの条件で示した図である。

[図4B]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、ストロークと吸引力との関係を起磁力900ATの条件で示した図である。

[図5A]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、起磁力(AT)と吸引力との関係をストローク0.8mmの条件で示した図である。

[図5B]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、起磁力(AT)と吸引力との関係をストローク0.1mmの条件で示した図である。

[図6]実施形態の電磁弁のCv値とリフト量についてオリフィス径との関係を示した図である。

[図7]従来の電磁弁について同様にCv値とリフト量についてオリフィス径との関係を示した図である。

[図8]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁のストロークと吸引力との関係のグラフを示した図である。

[図9A]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、起磁力と吸引力との関係をストローク0.8mmの条件で示した図である。

[図9B]実施形態の電磁弁と従来の電磁弁とについて、起磁力と吸引力との関係をストローク0.1mmの条件で示した図である。

### 符号の説明

- [0011] 1 電磁弁
  - 11 ボディ
  - 13 弁座
  - 16 プランジャー
  - 17 弁シート
  - 18 板バネ

26 第1固定鉄心

27 第2固定鉄心

29 コイル

### 発明を実施するための最良の形態

[0012] 次に、本発明に係る電磁弁の一実施形態について、図面を参照しながら以下に説明する。図1は、本実施形態の電磁弁を示した断面図である。

本実施形態の電磁弁1は、ボディ11に対して入口流路12と出口流路15とが上下方向に貫通して形成されている。入口流路12と出口流路15とは、ボディ11上面側に形成された円形の凹部14内に形成されており、特に中央に位置する入口流路12には上方に突設した弁座13が形成されている。そして電磁弁1には、この弁座13に対して当接・離間する弁シート17がプランジャ16と一緒に構成されている。

[0013] ボディ11の凹部14内にはその形状に合わされた円形の板バネ18がはめ込まれており、その板バネ18は、周縁部分が環状のスペーサ21を間に介し、その上から保持部材22によって押し付けられて位置決めされている。板バネ18には、中心部分に上方から

プランジャ16が嵌合し、そのプランジャ16の底面に埋め込まれた弁シート17が、板バネ18の下側から固定された弁シート押え板23によって支えられている。なお、板バネ18、プランジャ16、弁シート17そして弁シート押え板23は溶接によって一体に形成されている。そして板バネ18は、その周縁部分が弁座13よりも低い位置で押さえ付けられて撓んでいるため、常に弁シート17を弁座13に当接させる下向きの復元力が働いている。

[0014] 次に、ボディ11には保持部材22が嵌合し、更にその保持部材22にはヨークとなるポンネット25が上方から嵌合している。ポンネット25内には、その中心に上方から第1固定鉄心26と第2固定鉄心27とがボルトによって上下一体となって固定され、第1固定鉄心26の周りのコイルボビン28にコイル29が巻回されている。このときコイルボビン28内には第1固定鉄心26が入り込み、下方の第2固定鉄心27は、そのコイルボビン28の下端から突き出して保持部材22にまで延び、プランジャ16の直上に位置している。

- [0015] こうした電磁弁1は、例えばマスフローコントローラに組み込まれ、そのマスフローコントローラで質量流量を制御する制御流体として、半導体部品、光部品、磁気記録機器などの産業で用いられている有機金属ガス(例えばTMB, TEOS)、ハロゲン、水素ハライド、またこれらのキャリアガスである窒素、アルゴン、ヘリウム、また必要により水蒸気や酸素が流れる。従って、電磁弁1には極めて腐食性の高い制御流体が流れるため、制御流体が接する流路部分や弁室などは耐腐食性を有することが必要であった。そのため、従来の電磁弁100のボディやプランジャー、それに板バネなどの材質にはSUS316L, 317LやNi合金、Fe-Co合金などが使用されていた。そうした中で、固定鉄心112には耐腐食性とともに磁束を通す材料としてフェライト系ステンレスのSUSXM27が使用されていたが、透磁率が良くないため前記課題でも述べたように磁気吸引力が十分でなかった。
- [0016] そこで、本実施形態の電磁弁1では、固定鉄心を第1固定鉄心26と第2固定鉄心27とに上下2分割することによってその問題の解決を図っている。第1固定鉄心26は、固定鉄心の大部分を占め、コイルボビン28内に収められている。一方、コイルボビン28から下方に突き出した第2固定鉄心27は、外径方向において保持部材22と間で嵌合部材24を挟んで配置され、その第2固定鉄心27、保持部材22および嵌合部材24が溶接によって一体に形成されている。従って、第1固定鉄心26は、こうした第2固定鉄心27などによって制御流体と非接触状態になっている。そして、その第1固定鉄心26は、透磁率が高いSUY(磁性軟鉄)等で形成され、腐食性の高い制御流体と接する第2固定鉄心27は、フェライト系ステンレスで形成されている。フェライト系ステンレスには例えば、耐腐食性の高い磁性材料であるSUS444や従来と同様のSUSXM27が使用される。なお、第1固定鉄心26が高い透磁率を有し、大部分をこの第1固定鉄心26が占めている場合においては、第2固定鉄心27には必ずしも磁性体が使用されなくてもよく、非磁性材で形成されたものであってもよい。
- [0017] こうした構成からなる電磁弁1は、通常は板バネ18の復元力(バネ力)によって弁シート17が弁座13に押し付けられて閉弁状態になっている。そこで、コイル29に対して電流が供給されると第1固定鉄心26が励磁され(第2固定鉄心27が磁性材料の場合には第2固定鉄心27も励磁される)、プランジャー16が板バネ17のバネ力に抗して

引き上げられる。そのため、弁シート17が弁座13から離間して入口流路12と出口流路15とが連通し、制御流体が出力流路15から二次側へと流れる。このとき、コイル29に供給される電流を変動させることにより磁気吸引力が変化する。そのため、プランジャ16のストローク量が変化し、これによって弁座13と弁シート17との弁開度が調整されるので、出口流路15から流出する制御流体の流量を制御することができる。

[0018] 続いて、こうした図1に示す本実施形態の電磁弁1と、図2に示す従来の電磁弁100について磁気吸引力の比較を行った。先ず、図3に、電磁弁1の第1固定鉄心26を構成する電磁軟鉄と、従来の電磁弁100の固定鉄心112を構成するステンレスのB-H曲線を示す。この曲線から磁界H(A/m)に対する磁束密度B(T)は、明らかに電磁軟鉄がステンレスに比べて大きいことが分かる。従って、固定鉄心に電磁軟鉄を使用することによりコイルに流す電流を多くすることなく磁束を多くすることができ、プランジャを引き上げるための吸引力を高めるのに有効であると考えられる。

[0019] 次に図4Aは、電磁弁1(A)と電磁弁100(B)とについて、ストロークと吸引力との関係を起磁力500ATの条件で示した図であり、図4Bは、電磁弁1(A)と電磁弁100(B)とについて、ストロークと吸引力との関係を起磁力900ATの条件で示した図である。また、図5Aは、電磁弁1(A)と電磁弁100(B)とについて、起磁力(AT)と吸引力との関係をストローク0.8mmの条件で示した図であり、図5Bは、電磁弁1(A)と電磁弁100(B)とについて、起磁力(AT)と吸引力との関係をストローク0.1mmの条件で示した図である。

なお、横軸のストロークは、固定鉄心の下端面からプランジャ上端面までの距離を示している。

[0020] 先ず、図4A及び図4Bに示すように起磁力が500AT及び900ATのいずれの場合でも、実線で示す電磁弁1(A)の方が大きな吸引力を得ることができた。具体的には、電磁弁1(A)の吸引力は電磁弁100(B)よりも30パーセントほど大きくなった。従って、同じ起磁力でも各ストロークにおける吸引力が大きくなったことにより、コイルに流す電流を増やすことなく吸引を上げることができ、消費電力やコイルの発熱を低減させて制御流体を多くの流量を流すことが可能になった。

また、図5A及び図5Bに示すように、ストロークが0.8mm及び0.1mmのいずれの

場合でも、実線で示す電磁弁1(A)の方が同じ値の起磁力に対する吸引力が大きかった。従って、ここからも供給電流を抑えて同じ吸引力が得られるので、消費電力やコイルの発熱を低減させることができることが分かる。

[0021] このように本実施形態の電磁弁1によれば、従来の電磁弁100(B)と同じ起磁力でもより大きな吸引力が得られるため、所定の吸引力を得るために供給電流を抑えることができ、コイルの発熱を低減させることができる。逆に大流量を扱う場合にはこれまでと同じ供給電流によって対応することができる。

ここで図6には、電磁弁1のCv値とリフト量についてオリフィス径との関係を示し、図7には、電磁弁100について同様にCv値とリフト量についてオリフィス径との関係を示した。そして、これからも分かるように図7に示す電磁弁100に対し、図6に示す電磁弁1の方がリフト量が大きくなり、Cv値も上昇した。

[0022] 次に、このように能力が向上した本実施形態の電磁弁1を小型化させることを考える。すなわち、図1と図2の電磁弁1, 100はともに同じサイズのコイルを使用しているが、電磁弁1のコイル29の巻数を減らして軸(縦)方向寸法を小さくする。そこで、小型化した電磁弁1(A')と電磁弁100(B)との比較を行う。図8には、ストロークと吸引力との関係のグラフを示した。また、図9Aには、起磁力と吸引力との関係についてストローク0.8mmの場合を示し、図9Bには、起磁力と吸引力との関係についてストローク0.1mmの場合を示した。

[0023] 図8では、同じ値の電流を流しているが、小型化した電磁弁1(A')の方がコイルの巻数がすくないため、起磁力は440ATで、電磁弁100(B)は500ATである。この図からは、電流値を同じにして起磁力を一定にした場合に、電磁弁1(A')は、コイルの巻数を減らしても従来の電磁弁100(B)とほぼ同じ吸引力を得ることができた。従って、図9A及び図9Bに示すように、ストロークをそれぞれ一定にしておいて起磁力を変化させた場合、すなわち供給電流を増加させた場合には、図8に表された結果からも分かるように、同じ起磁力で大きな吸引力を得ることが可能である。

[0024] 以上、本発明に係る電磁弁の一実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることなくその趣旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

## 請求の範囲

- [1] 卷回されたコイル内に配置された固定鉄心が当該コイルの下方に突き出し、その固定鉄心の下には弁シートを保持したプランジャーが板バネによって支持され、板バネのバネ力によって弁シートが弁座に対して常時当接し、コイルへの通電によってその板バネのバネ力に抗して弁シートを弁座から離間させる電磁弁において、  
前記固定鉄心が上下に2分割され、前記コイル内にあって制御流体と非接触の第1固定鉄心が透磁率の高い材質で形成され、前記コイルから下方に突出した第2固定鉄心が腐食性の高い制御流体に対応した耐腐食性を備える材質で形成されたものであることを特徴とする電磁弁。
- [2] 請求項1に記載する電磁弁において、  
前記第1固定鉄心は、磁性軟鉄で形成されたものであることを特徴とする電磁弁。
- [3] 請求項1又は請求項2に記載する電磁弁において、  
前記第2固定鉄心は、フェライト系ステンレスで形成されたものであることを特徴とする電磁弁。

## 補正書の請求の範囲

[2005年4月4日(04.04.05)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲1は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(1頁)]

1. (補正後) 巻回されたコイル内に配置された固定鉄心が当該コイルの下方に突き出し、その固定鉄心の下には弁シートを保持したプランジャが板バネによって支持され、板バネのバネ力によって弁シートが弁座に対して常時当接し、コイルへの通電によってその板バネのバネ力に抗して弁シートを弁座から離間させる電磁弁において、

前記固定鉄心が上下に2分割され、前記コイルが巻回されたコイルボビン内にあって制御流体と非接触の第1固定鉄心が透磁率の高い材質で形成され、前記コイルボビンの下端を塞ぐようにはめ込んで下方に突出した第2固定鉄心が腐食性の高い制御流体に対応した耐腐食性を備える材質で形成されたものであることを特徴とする電磁弁。

2. 請求項1に記載する電磁弁において、

前記第1固定鉄心は、磁性軟鉄で形成されたものであることを特徴とする電磁弁。

3. 請求項1又は請求項2に記載する電磁弁において、

前記第2固定鉄心は、フェライト系ステンレスで形成されたものであることを特徴とする電磁弁。

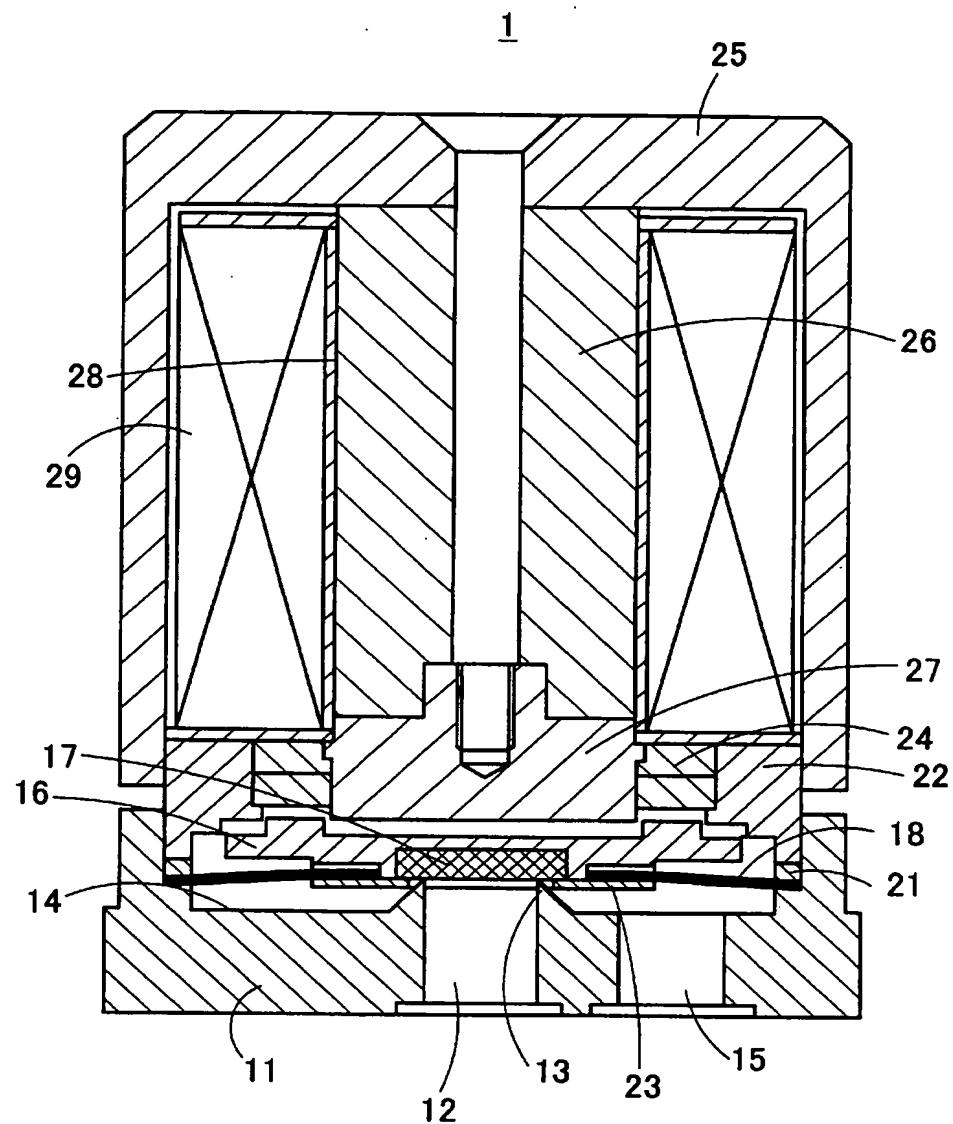
## 条約19条に基づく説明書

請求の範囲第1項は、第2固定鉄心が2分割された固定鉄心の一部であって、その第2固定鉄心によってコイルボビン内に設けられた第1固定鉄心が腐食性流体と触れないようになっていることを明確にしました。

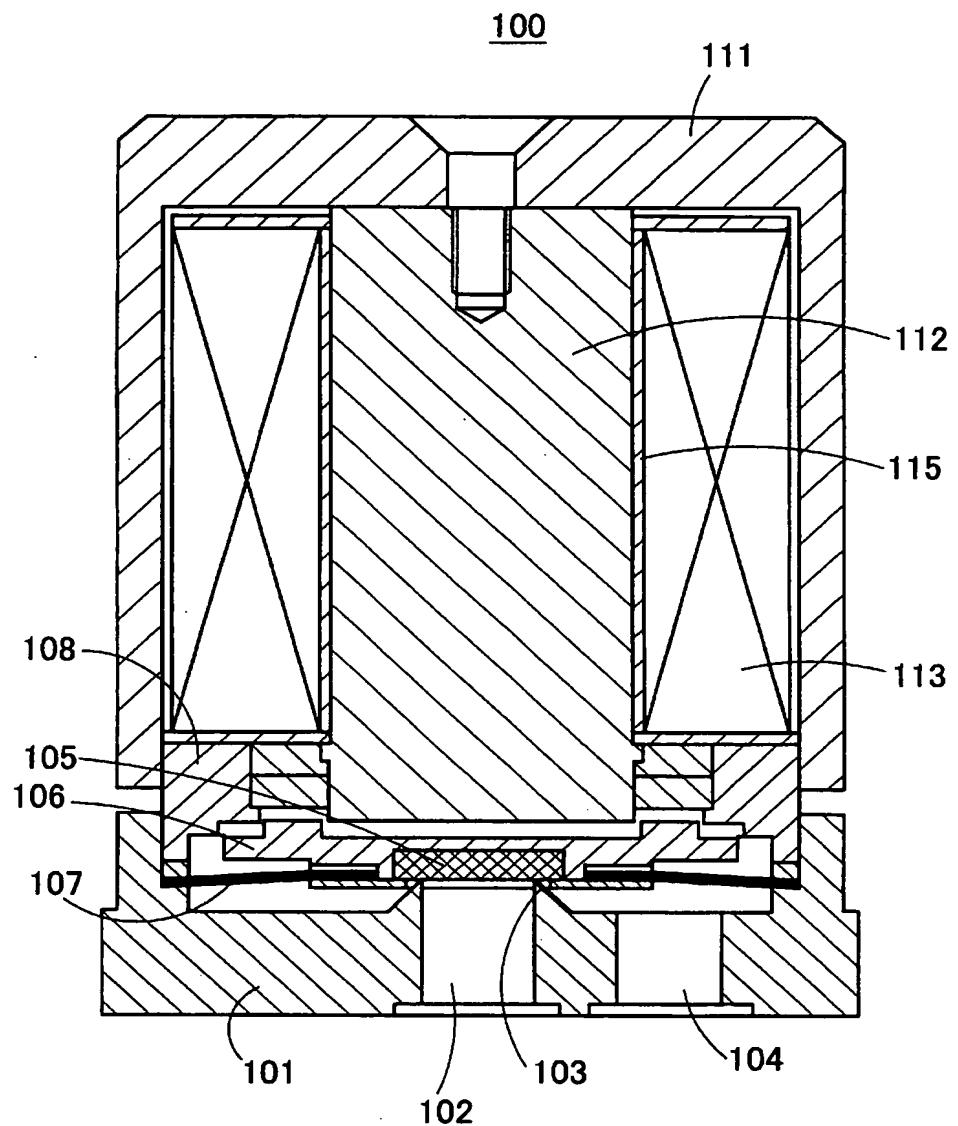
一方、文献1には、固定鉄心とは別にカップ状につくられたガイド部材4を設け、腐食性流体が通るいわゆる弁室を覆うことによって固定鉄心がその腐食性流体と触れないように構成した発明が記載されています。

こうした文献1の発明では、ガイド部材4を設けることによりそれ以前の電磁弁とは構造が異なるものとなってしまいます。しかし、本発明は、例えば本件出願の図1と図2とを比較して分かるように、固定鉄心を2分割した以外は従来の電磁弁と同じ構造のまま吸引力を向上させてなおかつ耐腐食性の効果を得ています。

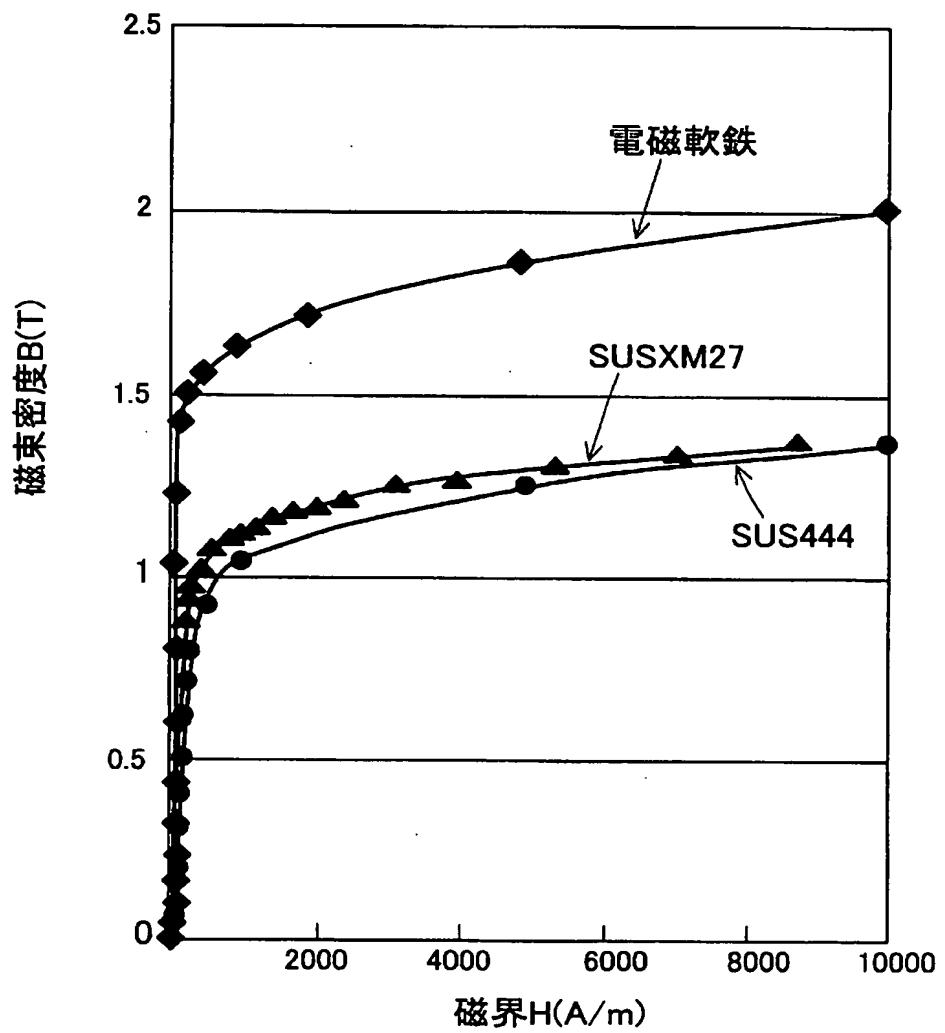
[図1]



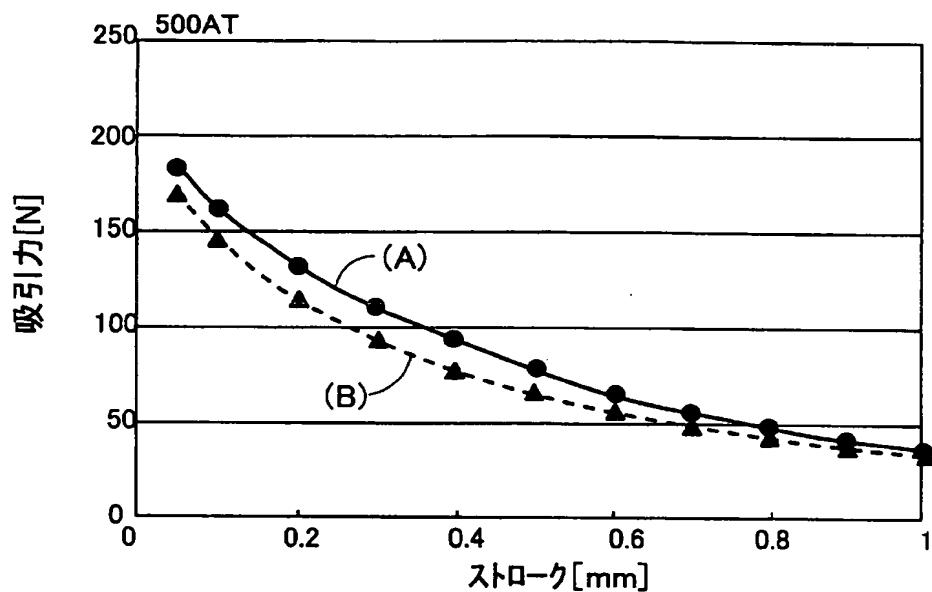
[図2]



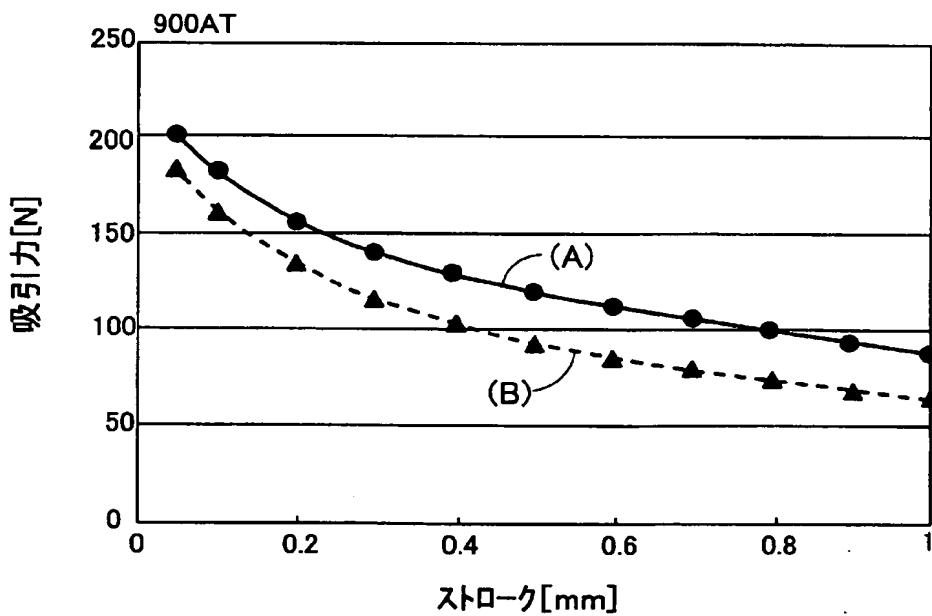
[図3]



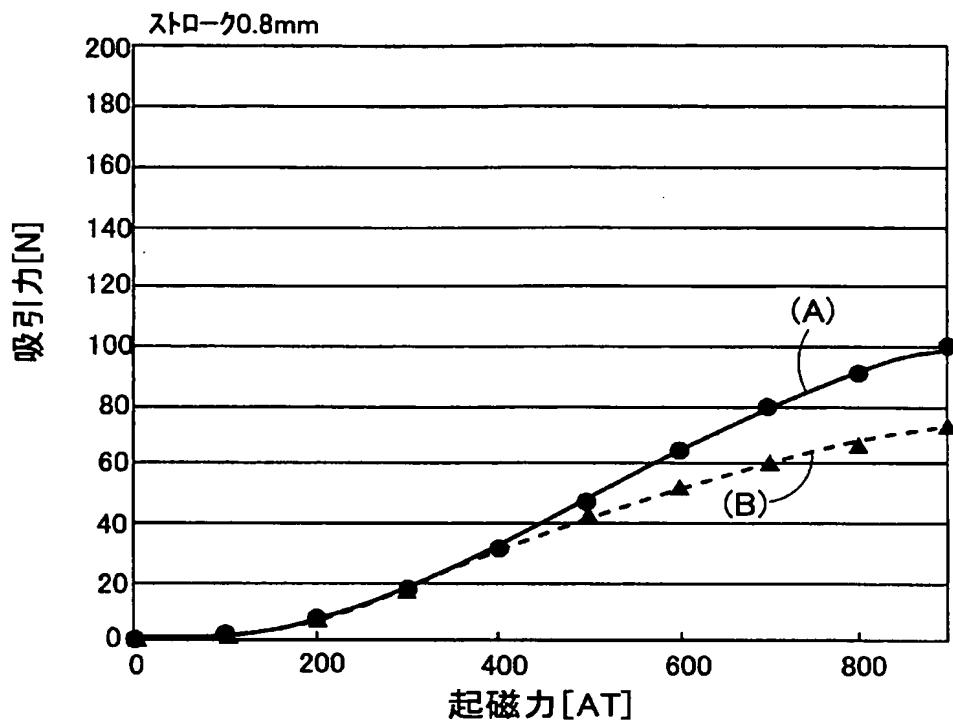
[図4A]



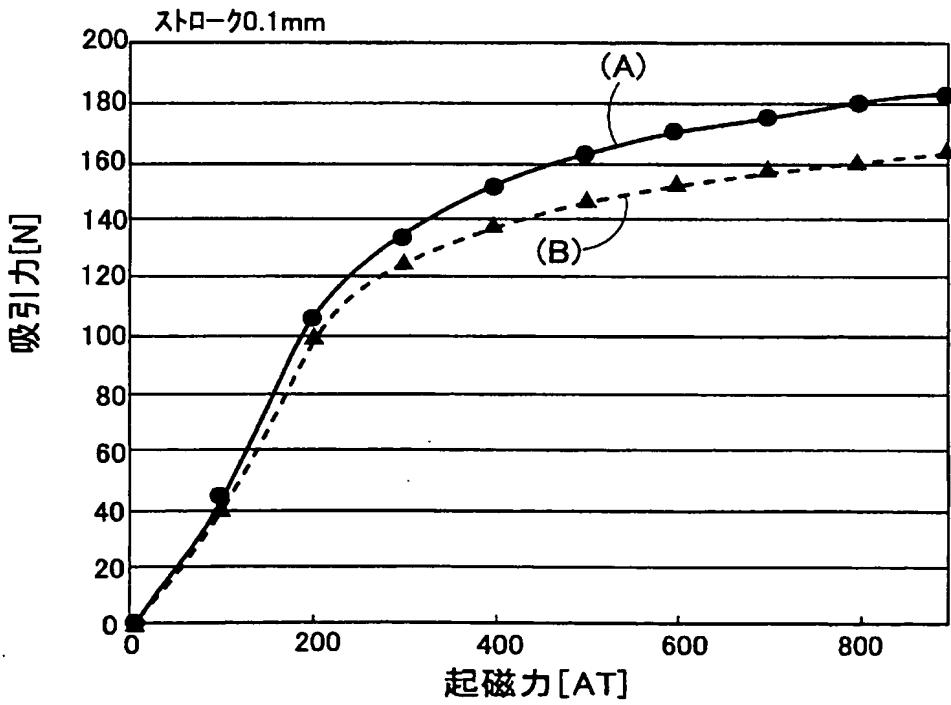
[図4B]



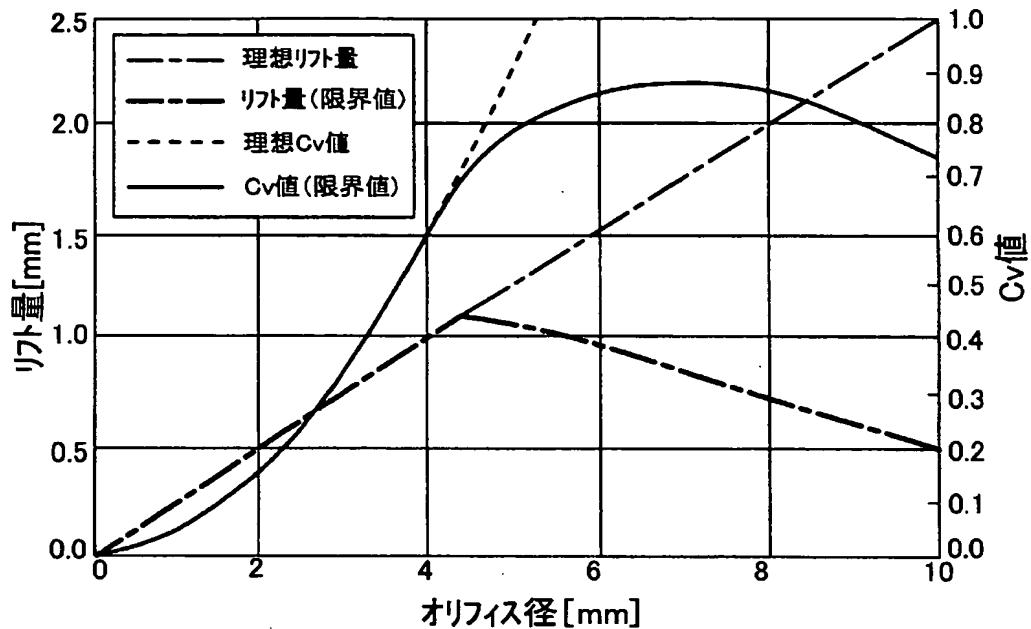
[図5A]



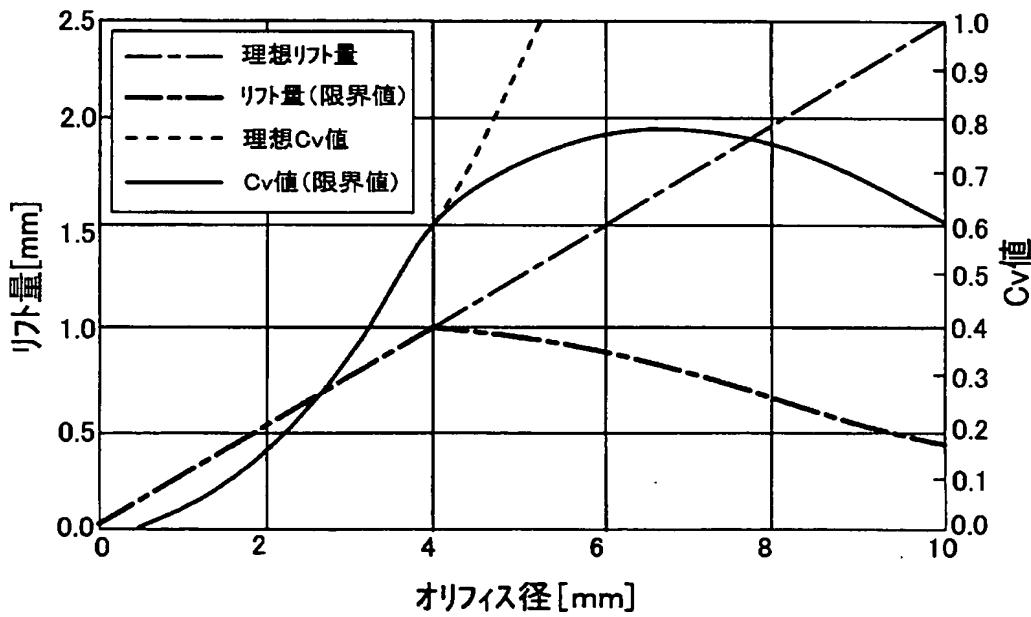
[図5B]



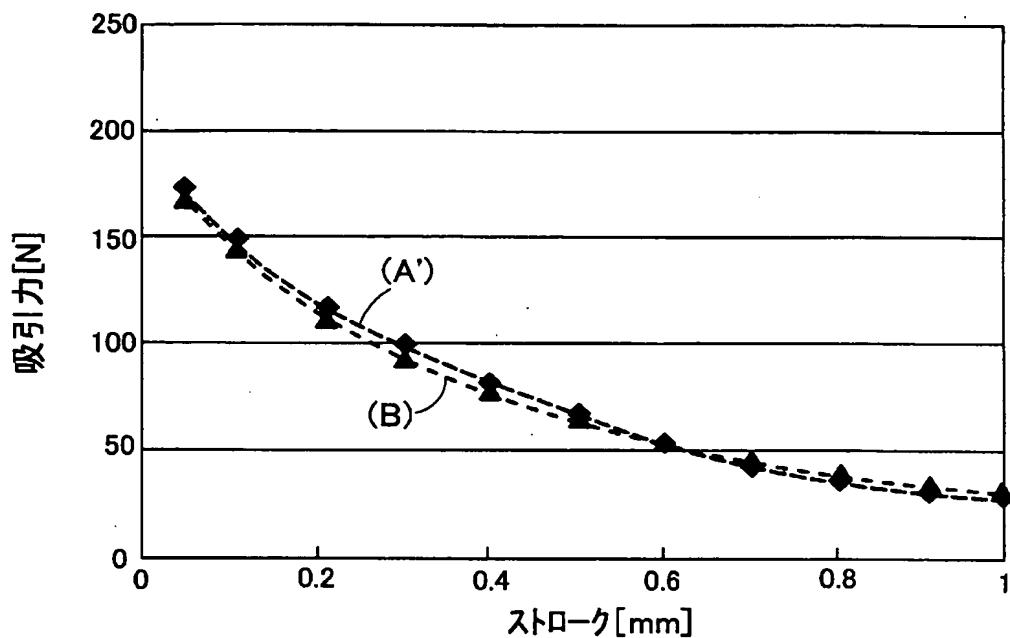
[図6]



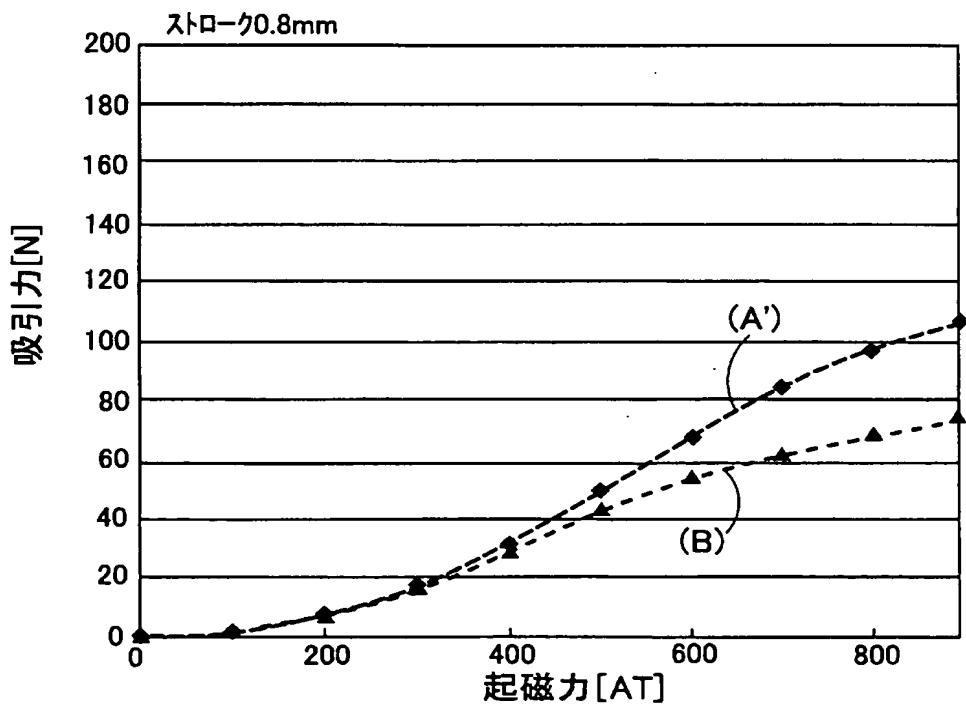
[図7]



[図8]



[図9A]



[図9B]

